

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF LIMBAH
FILTER ROKOK SEBAGAI ADSORBEN MENGGUNAKAN
AKTIVATOR KOH DAN IRADIASI GELOMBANG MIKRO**

Nanda Nurbaiti¹, Yanuar²

**Mahasiswa Program S1 Fisika¹
Dosen Bidang Material Jurusan Fisika²
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Kampus Bina Widya Pekanbaru, 28293, Pekanbaru
*nandanurbaiti94@gmail.com***

ABSTRACT

In this research, activated carbon has been successfully fabricated using waste Cigarette of red Marlboro filters as a starting material. Through the process of carbonization and chemical activation using KOH with the aid of microwave irradiation power. The activation process used KA: KOH with the ratio of 2:1, 2:2 and 2:3 for 24 hours. Activated carbon was characterized using Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray, X-ray Diffraction, isothermal nitrogen adsorption and absorption of methylene blue. The results of X-ray diffraction showed that activated carbon has a semi-crystalline structures with peaks 2θ of $22,873^\circ$ and $43,700^\circ$. Activated carbon microstructure analysis showed that the layer height (L_c) is inversely proportional to the width of the layer (L_a) and the distance between the two layers of d_{002} and d_{100} which depends significantly on the number of elements used KOH. The best surface area of activated carbon produced from variation of KA: KOH with the ratio of 2:3 that was $328.13 \text{ m}^2/\text{g}$. The highest absorption of methylene blue was found to be 88.7671 mg/g for the ratio of 2:3 of KA: KOH.

Keywords : Waste cigarette filters, activated carbon, chemical activation, microwave irradiation and methylene blue.

ABSTRAK

Dalam penelitian ini, karbon aktif telah berhasil dibuat dengan menggunakan limbah filter rokok Marlboro merah sebagai bahan awal. Melalui proses karbonisasi dan aktivasi kimia menggunakan KOH dengan bantuan daya iradiasi gelombang mikro. Proses pengaktifan menggunakan variasi KA:KOH 2:1, 2:2 dan 2:3 selama 24 jam. Karbon aktif dikarakterisasi dengan menggunakan Mikroskop Pindaian Elektron dan Energi Dispersif Sinar-X, Difraksi Sinar-X, isothermal penyerapan nitrogen dan daya serap metilen biru. Hasil difraksi sinar-X menunjukkan karbon aktif memiliki pola difraksi semikristalin dengan kehadiran puncak landai pada sudut 2θ sebesar $22,873^\circ$ dan $43,700^\circ$. Analisis struktur mikro karbon aktif menunjukkan bahwa tinggi lapisan (L_c) berbanding terbalik dengan lebar lapisan (L_a) dan jarak antara lapisan d_{002} dan d_{100} bergantung

secara signifikan pada banyaknya unsur KOH yang digunakan. Luas permukaan karbon aktif terbaik dihasilkan dari variasi KA:KOH 2:3 sebesar 328,13 m²/g. Karbon aktif pada Variasi KA:KOH 2:3 menghasilkan daya serap metilen biru tertinggi yaitu 88.7671 mg/g.

Kata Kunci : Limbah filter rokok, Karbon aktif, aktivasi kimia, iradiasi gelombang mikro dan daya serap metilen biru.

PENDAHULUAN

Perkembangan industri yang semakin pesat akan menghasilkan limbah yang semakin banyak dan berbahaya. Salah satu produksi industri terbesar di Indonesia adalah rokok. Rokok merupakan produk tembakau yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat yang limbah bahan aktifnya dapat merugikan lingkungan, sehingga perlu pengolahan lebih lanjut agar limbah ini lebih bermanfaat dan dapat diolah sehingga dapat bermanfaat bagi lingkungan. Metode yang dapat digunakan untuk mengurangi limbah ini adalah dengan metode adsorpsi. Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu adsorbat pada permukaan adsorben (Rahmawati dan Yuanita, 2013). Adsorbat adalah zat (molekul, atom, atau ion) yang diserap sedangkan adsorben adalah zat yang menyerap (Ahmeed, 2014). Limbah filter rokok berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi bahan baku pembuatan karbon aktif, ini dikarenakan Limbah filter rokok memiliki unsur karbon yang terbuat dari material Selulosa Asetat (SA) yang dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan karbon aktif sehingga bisa digunakan sebagai filter (penyaring) dan sebagai adsorben (penyerap).

Karbon aktif dapat dihasilkan melalui proses pengaktifan dengan

menggunakan bahan pengaktif sehingga memperluas permukaan karbon dengan membuka pori-pori yang tertutup.

Pembuatan karbon aktif terdiri dari tiga proses, yaitu dehidrasi (pra-karbonisasi), karbonisasi, dan aktivasi.

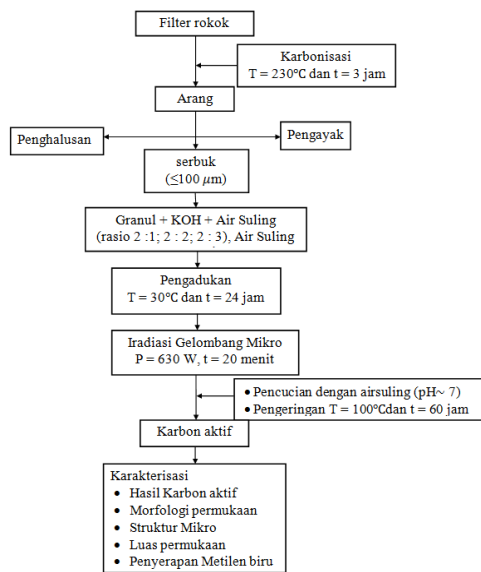
Dehidrasi merupakan proses penghilangan kandungan air yang terdapat pada bahan baku karbon.

Karbonisasi adalah proses pemanasan bahan baku dalam kondisi vakum dengan temperatur yang cukup tinggi untuk mengeringkan dan menguapkan senyawa dalam karbon.

Aktivasi adalah proses untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang menutupi pori-pori permukaan arang. Proses aktivasi merupakan hal yang sangat penting dalam pembuatan karbon aktif. Melalui proses ini karbon aktif tersebut memiliki daya serap yang lebih tinggi karena kotoran-kotoran yang melekat sudah terlepas.

METODE PENELITIAN

Diagram alir pembuatan karbon aktif dari limbah rokok Merk Marlboro Merah Produksi Philip Morris Indonesia ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan karbon aktif

Bahan yang digunakan dalam pembuatan karbon aktif adalah filter rokok dari limbah rokok Merk Marlboro Merah Produksi Philip Morris Indonesia. Filter rokok yang digunakan dicuci dengan air panas, kemudian dijemur hingga kering, dilanjutkan dengan perendaman menggunakan cairan alkohol 96% ± 72 jam hingga cairan alkohol 96% berubah warnanya menjadi coklat, selanjutnya dikeringkan hingga kandungan alkohol hilang dan selanjutnya di cuci dengan air suling lalu dijemur di bawah sinar matahari ± 72 jam hingga kering. Pra-karbonisasi limbah filter rokok dilakukan didalam oven selama 3 jam pada suhu 230 °C. Setelah proses pra-karbonisasi, arang limbah filter rokok dihaluskan dan di ayak dengan ukuran $\leq 100 \mu\text{m}$. Tahap selanjutnya pengaktifan kimia pra-karbonisasi limbah filter rokok dilakukan selama 24 jam pada suhu kamar. Perbandingan massa pra-karbonisasi limbah filter rokok : KOH masing-

masing sebesar 2:1, 2:2 dan 2:3 dalam air suling 150 ml.

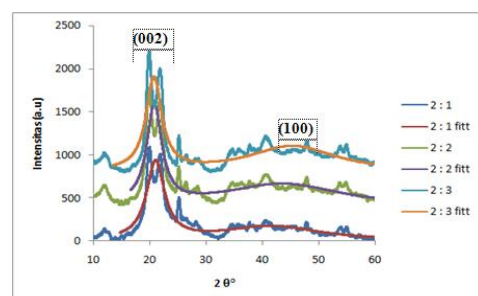
Iradiasi gelombang mikro terhadap sampel dilakukan pada daya 630 Watt selama 20 menit menggunakan oven gelombang mikro. Karbon aktif dicuci secara berulang-ulang sehingga pH~7 dan dikeringkan pada temperatur 100°C selama 24 jam.

Karakterisasi yang dilakukan terhadap sampel meliputi struktur mikro dengan menggunakan difraksi sinar-X, morfologi permukaan dan kandungan elemen dengan masing-masing menggunakan mikroskop pindaian elektro dan energi dispersif sinar-X, luas permukaan dengan menggunakan isoterma adsorpsi-desorpsi N₂ pada temperatur 77 K dan uji penyerapan metilen biru menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Struktur Mikro Karbon Aktif

Struktur mikro karbon aktif dikarakterisasi dengan menggunakan difraksi sinar-X untuk mengetahui parameter kisi, dimensi mikrokristalit (tinggi timbunan L_c dan lebar timbunan L_a) dan jumlah lapisan aromatik.



Gambar 2. Pola Difraksi Sinar-X

Pola ini menunjukkan tipikal dari karbon aktif, yang terdiri dari dua puncak, yaitu puncak (002) yang berada sudut $2\theta \sim 22^\circ$ dan puncak (100) yang berada pada sudut $2\theta \sim 42^\circ$. Struktur mikro karbon aktif yang terdiri dari jarak antara bidang (d_{002} dan d_{100}) dihitung dengan menggunakan persamaan Bragg, yaitu $n\lambda = 2d \sin\theta$ dan dimensi mikrokrystalit (tinggi lapisan L_c dan lebar lapisan L_a) dan dihitung dengan menggunakan persamaan Scherrer, yaitu $L_{c,a} = \frac{K\lambda}{\beta_{c,a} \cos \theta}$ di mana K adalah faktor bentuk yang bersesuaian dengan 0,89 untuk L_c dan 1,84 untuk L_a dan β adalah lebar puncak pada setengah maksimum. Jarak antara bidang dan dimensi mikrokrystalit ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jarak antar bidang, dimensi mikro kristalin dan jumlah lapisan karbon aktif

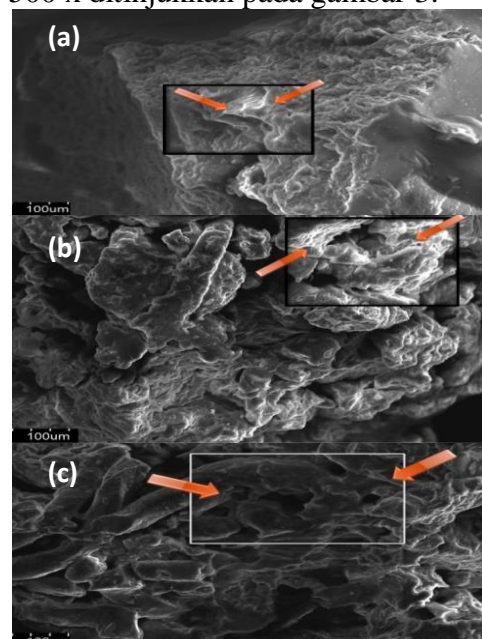
Sampel KA:KOH	2θ		Jarak Antar Bidang (nm)		Dimensi Mikrokrystalin (nm)		Np
	(002)	(100)	d_{002}	d_{100}	L_c	L_a	
2:1	21,043	41,681	0,421	0,216	2,205	0,708	5,228
2:2	21,812	43,582	0,407	0,207	2,686	0,787	6,520
2:3	22,873	43,700	0,388	0,206	3,533	0,594	6,597

Pada tabel 1. Jarak antar bidang dari pola XRD ditentukan dengan metode *fitting* yang berfungsi untuk mengetahui jarak antar bidang dan memperbaiki susunan data sehingga mempermudah dalam mengolah data. Jarak antara bidang (d_{002} dan d_{100}) dan dimensi mikrokrystalin tinggi lapisan (L_c) dan lebar lapisan (L_a) dihitung dari data difraksi sinar-X yang berhubungan dengan intensitas masing-masing puncak

difraksi (002) dan (100). Nilai L_c tertinggi terdapat pada sapel 2:3 yaitu sebesar 3,533 dan L_a terendah yaitu 0,594. Massa KOH berpengaruh terhadap nilai tinggi lapisan aromatik (L_c), lebar lapisan aromatik (L_a), dan jumlah lapisan aromatik (N_p). Nilai L_c pada penelitian ini lebih besar dibandingkan dengan nilai L_c yang didapat oleh Wahyuni (2016) penelitian tentang pembuatan karbon aktif dari tandan kosong kelapa sawit dengan $L_c = 2,897$. Menurut Boyea et al., (2007) Semakin tinggi nilai L_c maka luas permukaan karbon aktifnya semakin tinggi.

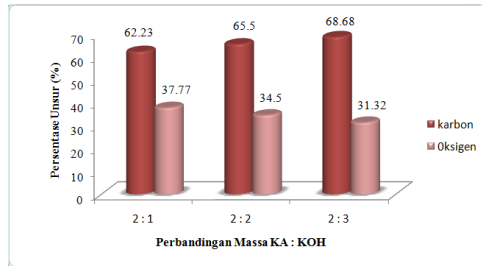
2. Morfologi Permukaan Karbon Aktif

Morfologi permukaan karbon aktif limbah filter rokok dilakukan menggunakan Mikroskop Pindaian Elektron (SEM) dengan pembesaran 500 x ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Gambar mikro karbon aktif KA : KOH (a) 2:1 (b) 2:2 dan (c) 2:3.

Gambar mikro karbon aktif (c) makropori terlihat lebih jelas dan lebih banyak dibandingkan dengan gambar mikro (a) dan (b) seiring dengan meningkatnya jumlah KOH yang diberikan pada proses aktivasi kimia.



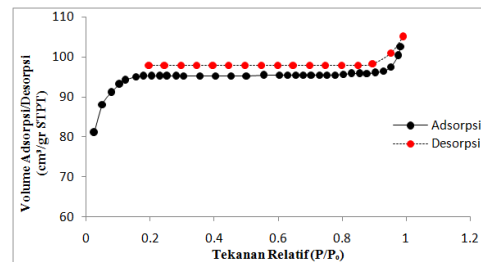
Gambar 4. Hasil pengujian unsur karbon aktif menggunakan EDX

Gambar 4 menyatakan bahwa jumlah unsur karbon pada karbon aktif melalui karakterisasi EDX pada sampel 2:3 memiliki persentase berat karbon tertinggi yaitu 68,68 % dan berat oksigen yang kecil yaitu 31,32 dibandingkan dengan sampel 2:1 dan 2:2.

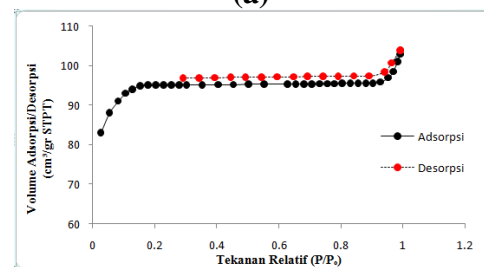
3. Luas Permukaan Karbon Aktif

Gambar 5 (a) dan (b) menunjukkan bahwa kurva adsorpsi dan desorpsi yang dihasilkan mendekati Tipe I yang mencirikan material terutama terdiri dari mikropori menurut klasifikasi IUPAC (Sing *et al*, 1985). Hal ini ditandai dengan adanya kenaikan grafik yang curam pada tekanan relatif rendah yaitu 0 - 0,1. Kenaikan yang curam mengidentifikasi karbon aktif berukuran mikropori (< 2 nm) (Janes *et al*, 2007). Tekanan relatif 0,1 - 0,9 menunjukkan adanya garis kestabilan yang mengindikasikan adanya karbon aktif berukuran mesopori. Tekanan relatif yang lebih

besar dari 0,9 terjadi kenaikan volume yang drastis yang menandakan bahwa terjadi adsorpsi-desorpsi pada pori makro. Terbentuknya mikropori ataupun mesopori dalam karbon aktif dipengaruhi oleh perbandingan massa karbon dan KOH, di mana semakin besar massa KOH yang diberikan pada pengaktifan kimia menyebabkan pori yang terbentuk beralih dari mikropori ke mesopori. Mikropori dan mesopori ini sangat penting dalam karbon aktif untuk aplikasi sebagai penyerap karena kedua pori ini memiliki aturan yang berbeda terhadap laju tranfer muatan maupun formasi dua lapisan pada permukaan karbon aktif.



(a)



(b)

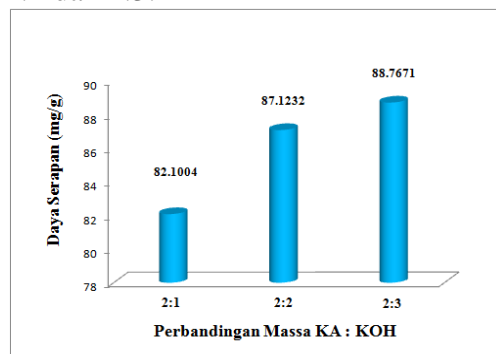
Gambar 5. Hubungan diameter pori adsorpsi/desorpsi terhadap tekanan relatif gas N₂ untuk
(a) KA:KOH 2:1
(b) KA:KOH 2:3

Luas permukaan karbon aktif dapat dianalisis dari hasil kurva isothermal dengan menggunakan

metode BET yang berkaitan dengan adsorpsi dan desorpsi dari struktur pori yang terbuka. Analisis kuantitatif dari data isothermal adsorpsi / desorpsi menghasilkan luas permukaan pada variasi KA : KOH 2:3 sebesar 328,13 m²/g lebih besar dibandingkan luas permukaan karbon aktif pada variasi KA : KOH 2:1 yaitu 303,49 m²/g, ini menunjukkan bahwa karbon yang bereaksi dengan agen pengaktif (KOH) akan membuka pori-pori baru yang semula masih tertutup sehingga berdifusi pada permukaan karbon.

4. Daya Serap Terhadap Metilen Biru

Kemampuan karbon aktif dalam menyerap metilen biru merupakan salah satu standar kualitas karbon aktif dalam penyerapan zat warna. variasi perbandingan KA:KOH 2:1, 2:2 dan 2:3.



Gambar 6. Daya serap karbon aktif terhadap metilen biru.

Hasil uji daya serap karbon aktif terhadap metilen biru ditunjukkan pada Gambar 6.

Karbon aktif yang dihasilkan dari limbah filter rokok dengan variasi persentase KOH dengan bantuan pemanasan gelombang mikro belum

memenuhi syarat standar kualitas karbon aktif, karena berdasarkan Standar Industri Indonesia (SII No.0258-88) standar kualitas karbon aktif berbentuk serbuk memiliki daya serap terhadap metilen biru minimal 120 mg/g (Mu'jizah, 2010). Kemampuan optimum karbon aktif dari limbah filter rokok dalam menyerap metilen biru yaitu dengan Variasi perbandingan KA:KOH 2:3 yaitu sebesar 88,767 mg/g.

KESIMPULAN

Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa nilai L_c pada variasi perbandingan KA : KOH 2:3 memiliki hasil tinggi yaitu sebesar 3,533 nm dan nilai L_a yang rendah yaitu 0,594 sehingga semakin besar L_c dan semakin kecil L_a maka daya serap karbon aktif semakin besar.

Luas permukaan karbon aktif pada KA : KOH 2:3 sebesar 328,13 m²/g. Luas permukaan ini berhubungan dengan L_c , semakin besar L_c maka semakin tinggi luas permukaan.

Uji daya serap karbon aktif terhadap metilen biru terbaik yaitu KA : KOH 2:3 sebesar 88.7671 mg/g. Semakin tinggi luas permukaan karbon aktif maka semakin besar daya serap yang dimiliki karbon aktif.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, M.J., and Theydan, S.K. 2014. *Optimization Of Microwave Preparation Conditions For Activated Carbon From Albizia Lebbeck Seed Pods For Methylene Blue Dye*

- Adsorption*. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 105: 199-208.
- Boyea, J.M., Camocho, S.P and Ready, W.J. 2007. Carbon Nanotubes-Based Supercapacitor. Technologies And Markets. 4 (1) : 585-593.
- Janes, A., Kurig, H., Lust, E., 2007. Characterisation of activated nanoporous carbon for supercapacitor electrode materials. Carbon 45: 1226-1233.
- Mu'jizah, S. 2010. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Biji Kelor (*Moringa Oleifera. Lamk*) dengan NaCl sebagai Bahan Pengaktif. Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Rahmawati, E dan Yuanita, L. 2013. Adsorpsi Pb^{2+} Oleh Arang Aktif Sabut Siwalan (*Borassus flabelifer*). UNESA Journal of Chemistry 2: 1-7.
- Sing, K.S.W., Everett, D.H., Haul, R.A.W., Moscou, L., Pierotti, R.A., Roquerol, J., Siemieniewska, T. (1985) *Pure & Appl. Chem.* 57, 603.
- Wahyuni, F. 2016. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Serabut Tandan Kelapa Sawit Sebagai Adsorben dengan Variasi Aktivator KOH Berbantuan Iradiasi Gelombang Mikro. Skripsi Jurusan Fisika Universitas Riau: Pekanbaru.